

Зондовое нанопрофилирование поверхности кремния методом локального анодного окисления

В.В. Полякова

*Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, 347928, г. Таганрог, Россия
vpolyakova@sfedu.ru*

В работе представлены результаты профилирования поверхности подложки кремния методом локального анодного окисления с использованием атомно силового микроскопа. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических процессов производства изделий нанoeлектроники на основе методов зондовых нанотехнологий.

Nanoprofiling silicon surface by the method of local anodic oxidation

V.V. Polyakova

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics, and Electronic Equipment Engineering, 347900, Taganrog, Russia

The paper presents the results of surface treatment of silicon substrate by the method of local anodic oxidation using an atomic force microscope. The results can be used in the development of technological processes of manufacturing of nanoelectronics components based on silicon using the probe nanotechnology.

На сегодняшний день одной из актуальных задач является разработка технологий формирования элементов нанoeлектроники. Метод локального анодного окисления (ЛАО) с использованием атомно силового микроскопа (АСМ) позволяет формировать оксидные наноразмерные структуры (ОНС) на поверхности различных материалов, которые могут быть применены при разработке и создании элементов микро- и нанoeлектроники, элементов резистивной памяти на основе мемристорных структур, литографических масок, а также каталитических центров для выращивания нитевидных наноструктур [1]. Одними из перспективных элементов нанoeлектроники являются мемристорные структуры, позволяющие изготавливать элементы резистивной памяти (RRAM) с контролируемыми параметрами [2]. Актуальность использования методов зондовой нанолитографии, обусловлена возможностью контроля роста структур в режиме реального времени. Однако, для разработки технологии получения мемристорных структур методом локального анодного окисления необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований процессов формирования оксидных наноразмерных структур и проявления мемристорного эффекта в них. Целью работы является зондовое нанопрофилирование поверхности кремния методом ЛАО.

Нами была разработана методика, по которой с помощью зондовой нанолaborатории Ntegra («НТ-МДТ», Россия) проводилась нанолитография методом ЛАО поверхности кремния в контактном режиме АСМ. Для ЛАО кремния применялись кантилеверы марки NSG 11 с проводящим покрытием из Pt.

Статистическая обработка полученных АСМ-изображений проводилась с использованием программного пакета Image Analysis 3.5 по разработанной методике выполнения измерений, аттестованной в соответствии с ГОСТ Р8.563-96. Для исследования режимов профилирования кремния, полученные методом ЛАО оксидные наноразмерные структуры удалялись методом жидкостного травления в водном растворе HF (1:3) при комнатной температуре. В результате на поверхности кремния формировались матрицы из 49 ПНС.

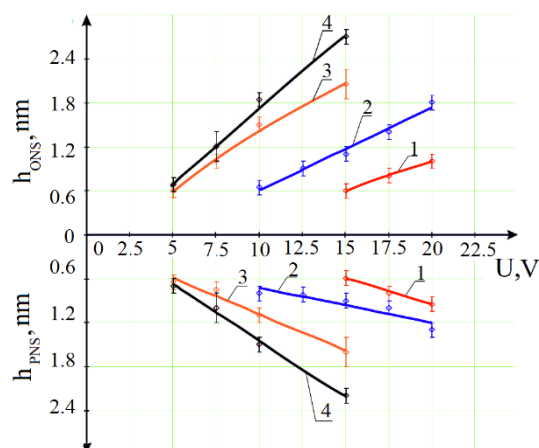


Рисунок 1. Зависимость отношения высоты ОНС и глубины ПНС сформированных при относительной влажности 1-30%, 2-50%, 3-70%, 4-90% соответственно.

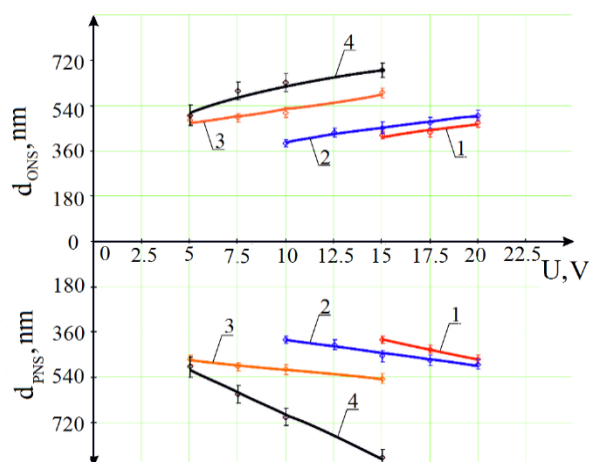


Рисунок 2. Зависимость отношения диаметра ОНС и диаметра ПНС сформированных при относительной влажности 1-30%, 2-50%, 3-70%, 4-90% соответственно

На Рисунке 1 и Рисунке 2 представлены зависимости высоты и диаметра полученных структур при различной влажности и напряжения приложенного в системе зонд подложка.

Анализ полученных зависимостей показал, что при напряжении 15 В и относительной влажности $70 \pm 1\%$ высота и ширина ОНС составляет $1,5 \pm 0,5$ нм и 390 ± 30 нм, соответственно. После травления полученных ОНС в HF глубина и диаметр составили $1 \pm 0,5$ нм и 390 ± 25 нм соответственно. Увеличение приложенного напряжения от 5 до 20 В приводит к увеличению получаемых оксидных наноразмерных структур, это объясняется тем что, согласно увеличению амплитуды импульсов приложенного напряжения приводит к увеличению напряженности электрического поля в системе и увеличению потока ионов кислорода в поле к реакционной области.

Таким образом, показано, что локальное анодное окисление является перспективным методом нанолитографии, использование которого позволяет проводить профилирование поверхности с нанометровым разрешением. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и исследовании элементов нанoeлектроники и наносистемной техники с использованием методов зондовой нанолитографии.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Нанотехнологии» Южного Федерального университета.

1. V.A. Smirnov, V.I. Aivilov, L.R. Saubanova, M.S. Solodovnik, V.V. Polyakova, O.G. Tsukanova, S.Yu. Krasnoborodko. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences* **9**, 84 (2015).
2. Sungjun Kima, Hyungjin Kima, Sunghun Junga, Min-Hwi Kima, Sang-Ho Leea, Seongjae Chob, Byung-Gook Parka, *J. of Alloys and Compounds* **5**, 419 (2016).